



# RED URBANA DE CALOR Y FRÍO PARA EXPO ZARAGOZA 2008

Nieves Rodríguez Largacha

*Desafíos medioambientales, escasez de recursos,... hacen que la utilización de la energía de forma racional se haya vuelto un desafío mundial y un eje fundamental en cualquier política de desarrollo sostenible. Los Sistemas Centralizados de Producción y Distribución de Frío y Calor son soluciones que permiten consumir menos energía con un nivel de confort y de rendimiento igual o superior y con un coste inferior. Estos sistemas centralizados son más limpios, más flexibles, más fiables, más seguros y más sanos. Consiguen evitar la instalación de millares de calderas y climatizadores individuales con sus correspondientes chimeneas y torres de refrigeración, y sustituyéndolos por sistemas más eficientes y menos contaminantes, consiguen que las ciudades que adoptan esta solución urbana eviten la emisión de toneladas de gases con efecto invernadero cada año.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El mayor objetivo de la política energética de la Unión Europea es el desarrollo eficiente de la producción de energía y usos finales en el marco actual de libre mercado. Un desarrollo eficiente permitirá reducir la dependencia en la compra de combustibles y lógicamente reducción de emisiones y mitigará los efectos del cambio climático.

Dentro de esta política energética, tanto los ciclos CHP (*Combined Heat and Power*) como los DHC (*District Heating and Cooling*) juegan un papel importante en el uso eficiente de la energía.

Adicionalmente a la necesidad tradicional de calor, la demanda de frío ha emergido recientemente. Aunque este desarrollo en Europa va por detrás de América y Japón, Europa estrecha la diferencia con estos países rápidamente debido a que casi todos los nuevos edificios comerciales e instituciones están equipados con equipos de frío para su confort. El crecimiento del uso de frío para el confort es hoy muy elevado en toda Europa.

La reducción del consumo de energía primaria constituye uno de los objetivos estratégicos de los diferentes estados, y para ello se han establecido políticas energéticas que tienen como finalidad la utilización de sistemas más eficientes, potenciar el ahorro y favorecer el empleo de energías renovables. Dentro del sistema energético, una de las infraestructuras de mayor importancia es la correspondiente a la climatización, calefacción y ACS.

## 2. REDES DE CALOR Y FRÍO EN EL MUNDO

La climatización centralizada se ha desarrollado de forma diferente entre continentes y entre países, incluso hay diferencias entre los propios proyectos. La razón son las diferentes circunstancias y condiciones de aspectos como los que siguen:

- Políticas energéticas con regulaciones y requerimientos legales diferentes.
- Precios de las energías y condiciones económicas para las inversiones.
- Condiciones climatológicas de los diferentes países.

El sistema pionero en esta materia se encuentra en Estados Unidos, en concreto la red de calor de Nueva York, que con más de

un siglo, dispone de una potencia de 5300 MW. En Norteamérica el número de proyectos de refrigeración centralizada ha crecido por encima de las previsiones.

En Japón el desarrollo de estos sistemas se inicia en los años 1970 como resultado de una Planificación y Regulación Energética Central, promovido entre otras causas por un incierto suministro de energía, los precios energéticos y problemas medioambientales.

En Europa, las redes de calor se desarrollan en las zonas con fuertes exigencias climáticas, o bien en zonas donde las condiciones políticas y sociales le son favorables.

## 3. VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN CENTRALIZADA

Son muchas las ventajas que hacen atractivo este tipo de sistemas. Resumimos a continuación algunas de ellas:

*Instalaciones más simples en los edificios:* La conexión a las redes de calor y de frío permite al usuario eliminar las calderas, compresores frigoríficos o bombas de calor así como los sistemas de refrigeración correspondientes. Solo es necesario instalar, generalmente en el sótano o planta baja del edificio, una subestación de intercambio de energías entre las redes del sistema centralizado (dichas redes primarias) y los circuitos interiores del edificio (circuitos secundarios).

*Menor impacto medioambiental:* la utilización del sistema centralizado proporciona una reducción en el consumo de energía primaria y una notable reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (en el caso de Zaragoza, comparado con un sistema convencional, evitará 20.000 toneladas/año de gases con efecto invernadero).

Además, la ausencia de torres de refrigeración, tanto en los edificios conectados como en la central (que utiliza agua de río) elimina todo riesgo de desarrollo de bacterias (tipo legionela) en sus instalaciones, y permite importantes ahorros de agua. La poca cantidad de fluidos refrigerantes utilizados en la central reducirá también el riesgo de emisiones de gases causantes del efecto invernadero.

En los edificios conectados desaparecen todos los factores contaminantes producidos por las calderas y las máquinas frigoríficas



convencionales (ruidos, vibraciones, contaminación atmosférica), así como los riesgos y las obligaciones reglamentarias relacionadas con la presencia de máquinas a presión. Por otro lado, la conexión a la red también permitirá ganar superficie y mejorar la estética de los edificios.

**Menores costes:** En base al aprovechamiento del factor de escala de un sistema centralizado (equipos con mejores rendimientos) así como la utilización de técnicas y de energías específicas (gestionado por profesionales) permite obtener unos costes de producción inferiores con lo que se puede ofrecer un servicio a un coste inferior que el sistema convencional. También, la sencillez de la facturación permite un mejor control de los costes de explotación.

**Mayor Flexibilidad:** El cliente se beneficia de una calefacción y climatización más flexible que las instalaciones convencionales, pues el servicio y el acceso a las energías están aseguradas en todo momento y sin necesidad de planificación.

**Fiabilidad:** La redundancia y la calidad de los equipamientos de la central de producción hasta la entrega en cada edificio, su automatización y su control permanente, garantizan la fiabilidad del servicio.

## 4. PROYECTO EXPOZARAGOZA 2008

### 4.1. Ámbito del proyecto

Aprovechando la celebración de la Feria Internacional ExpoZaragoza 2008 y la consecuente urbanización del meandro de Ranillas, los responsables de la organización de dicho evento decidieron dotar al nuevo municipio de un sistema centralizado de producción y distribución de calor y frío para la calefacción y la climatización de los edificios, (también llamado *District Heating & Cooling* o DHC).

Zaragoza ha sabido aprovechar esta oportunidad única y además de prestar el mejor servicio a los miles de visitantes, con una clara visión de futuro, ha proyectado una mejora de infraestructuras públicas con la voluntad de modernizar la capital aragonesa.

Siguiendo los ejemplos de varias ciudades europeas como París, Lisboa, Estocolmo, EE.UU. o Japón, y también en España la central del Forum en Barcelona, Zaragoza puede ofrecer energía calorífica y energía frigorífica en forma de agua caliente o agua fría.

La central de producción de energías permite abastecer de calefacción, agua caliente y aire acondicionado a la práctica totalidad de edificios que se han construido en el Meandro de Ranillas. Entre éstos, destacan la Torre del Agua, obra del arquitecto Enrique de Teresa Trilla; el pabellón-puente de la arquitecta de origen iraní Zaha Hadid; el palacio de Aragón, proyectado por Daniel Olano, y el pabellón de España, diseñado por Patxi Mangado, así como el resto de pabellones temáticos y de países, y el resto de áreas comunes y restaurantes.

Un total de 180.000 m<sup>2</sup> construidos que en una fase posterior al evento se ampliarán a una superficie de 250.000 m<sup>2</sup>. De hecho, el sistema se ha diseñado para poder ir extendiendo el servicio a los edificios que se vayan construyendo una vez finalizada la EXPO y se han previsto tres puntos en la red que hacen la expansión a zonas colindantes totalmente viable: Parque Metropolitano, zona Actur y zona Delicias.

En la tabla siguiente se resumen los principales centros consumidores, así como las superficies climatizadas, en fase Expo y en fase Post-expo:

	Superficie climatizada Fase Expo (m <sup>2</sup> )	Superficie climatizada Fase Post-Expo (m <sup>2</sup> )	Remodelación Post-Expo
Pabellones singulares	42.798	42.798	Cambio uso
Pabellones singulares	14.870	14.870	Cambio uso
Pabellones corporativos	55.365	97.408	Cambio uso
Áreas comunes	27.431	27.431	Sin cambio de uso
Parque metropolitano	39.900	39.900	Sin cambio de uso
TOTAL	180.363	252.147	

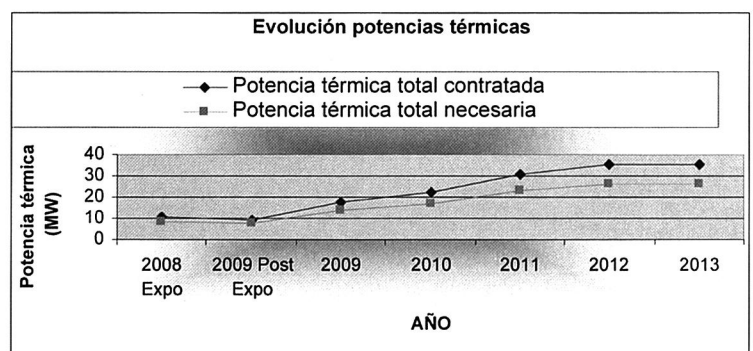
Evolución de las superficies de climatización en edificios Expo

### 4.2. Evolución de las potencias térmicas y frigoríficas

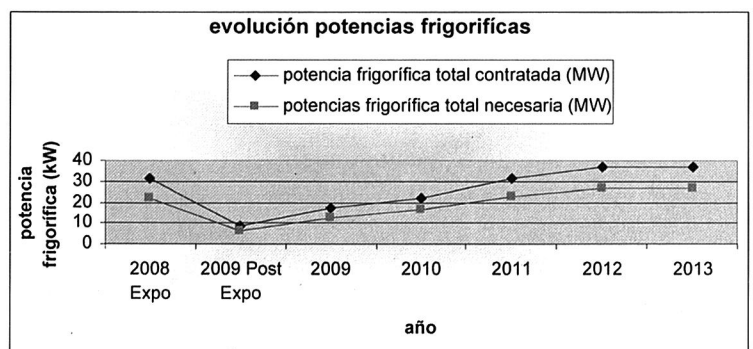
La central de energías se diseñó para garantizar en la fase Expo las potencias térmicas requeridas. Posteriormente deberán adaptarse estas potencias a los nuevos usos que se den a los edificios en la fase Post-Expo.

Las siguientes gráficas resumen los valores estimados para la evolución de las potencia térmicas y frigoríficas que se contratarán durante la Expo y en los años posteriores, hasta el 2013, que es cuando se asume que se alcanzarán los consumos máximos una vez conectados todos los clientes previstos y completadas las reformas y cambios de usos que ello suponga.

También se refleja la potencia necesaria, o potencia que como mínimo debe poderse distribuir a los consumidores, obtenida a partir de la contratada con un coeficiente de simultaneidad del 70% y unas pérdidas determinadas en distribución (1,3 MW de energía térmica y 0,3 MW en frigorífica).



Gráfica de evolución de las potencias térmicas

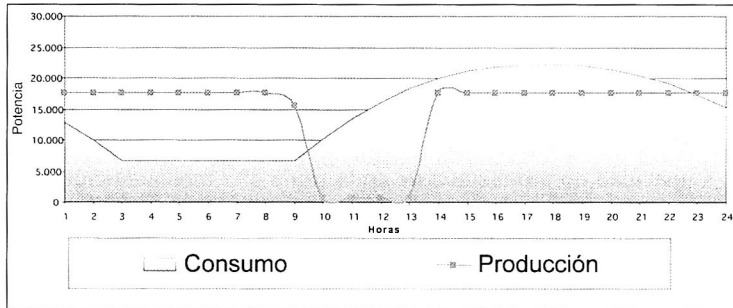


Gráfica de evolución de las potencias frigoríficas

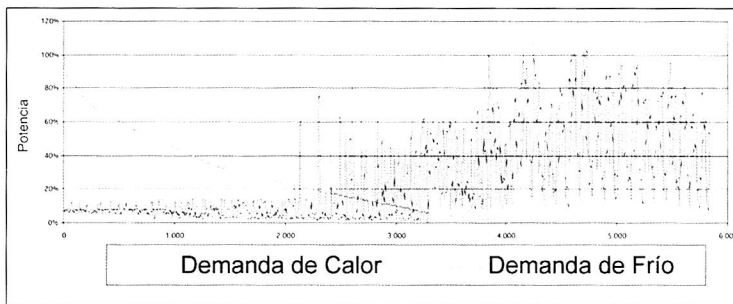


### 4.3. Curvas de consumo

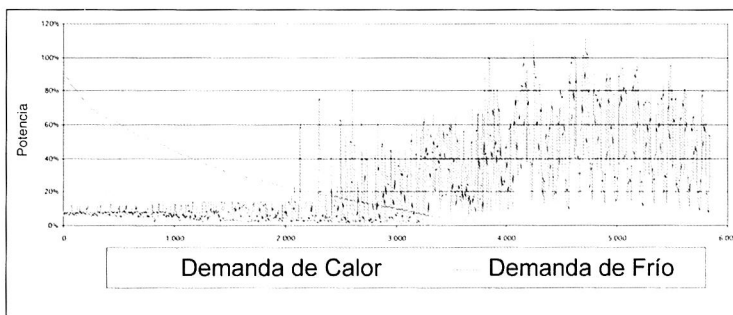
Los valores indicados en los apartados precedentes permiten dimensionar la capacidad de la planta de energía, pero debe tenerse en cuenta que ésta debe ser lo suficientemente flexible para adaptarse a las variaciones que se producen estacionalmente y a lo largo de todo el año. En las curvas que siguen se puede apreciar tal variabilidad.



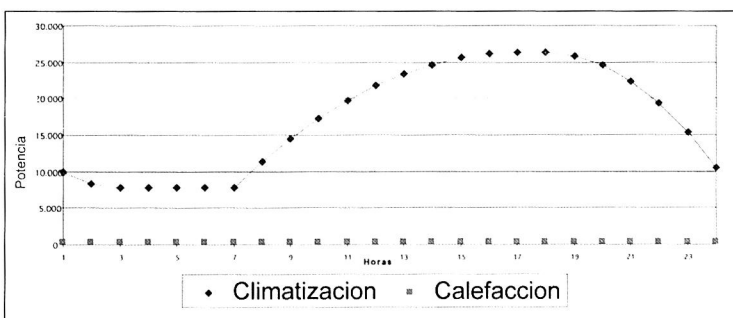
Día más desfavorable expo. Consumo y producción de agua fría



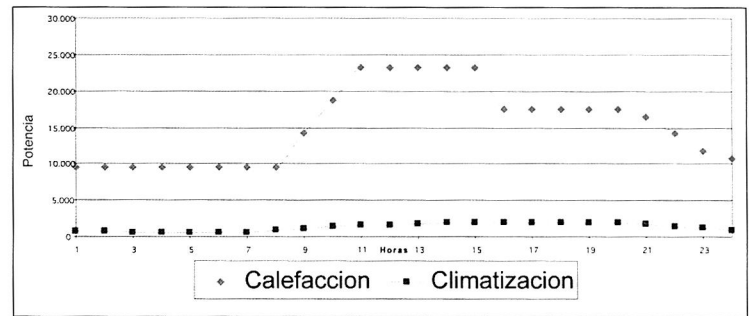
Curva monótona de demanda de calor con demanda de frío simultánea. Año tipo post-Expo



Día intermedio de primavera. Año tipo post-Expo. Consumo y producción de agua fría



Día más desfavorable de verano. Año tipo post-Expo



Día más desfavorable de invierno. Año tipo post-Expo

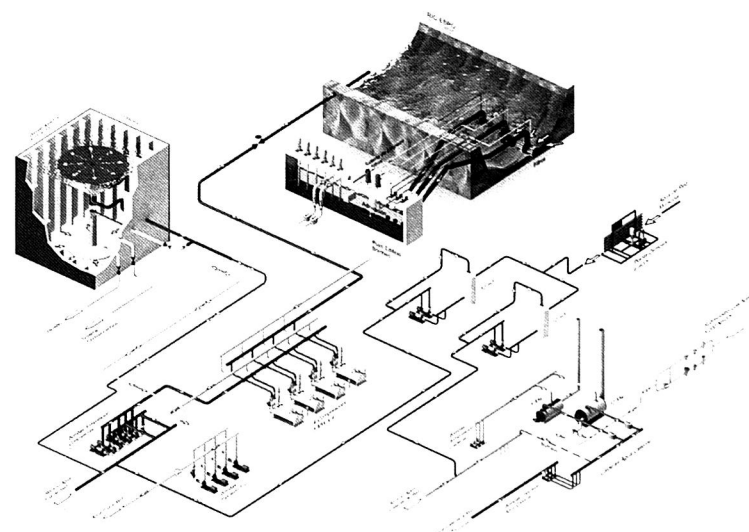
## 5. SISTEMA DISTRICT HEATING & COOLING ZARAGOZA

### 5.1. Sistema energético planteado

Se ha planteado un sistema centralizado de producción de agua fría y caliente basado en los siguientes aspectos principales:

- Satisfacción de la demanda térmica mediante la instalación de calderas de agua caliente que utilizan gas natural.
- Satisfacción de la demanda frigorífica mediante compresores centrífugos que utilizan electricidad.
- Acumulación de agua fría en un depósito de 11.000 m<sup>3</sup> de capacidad útil.
- Captación: utilización del agua del Ebro para la refrigeración de los equipos.
- Red de distribución basada en cuatro tubos de tubería preaislada.
- Instalación de subestaciones térmicas en los edificios a climatizar.

El conjunto de las instalaciones lo estructuramos en cinco grandes módulos: arquitectura del edificio DHC, producción, captación, distribución y suministro, que se adaptan, según el proyecto, a las características y posibilidades del entorno para minimizar los impactos ambientales y aprovechar las energías al alcance.



Esquema con los distintos componentes del sistema



## 5.2. Arquitectura del edificio DHC

La central de producción de frío y calor de Zaragoza se ubica en un edificio singular de arquitectura vanguardista, concebido por el arquitecto Iñaki Alday.

Con una superficie construida de más de 2.800 m<sup>2</sup> distribuidos en seis plantas, combina estética y funcionalidad permitiendo la visita de las instalaciones sin necesidad de interferir en su operativa.

Su exterior, parcialmente recubierto de leds luminosos, puede convertir la fachada en una gigante pantalla multicolor sin más límites que los de la imaginación.

## 5.3. Sistema productivo de agua fría y agua caliente

El sistema consiste en una central de producción de agua fría (menos de 6°) mediante compresores centrífugos y agua caliente (más de 95°) mediante generadores de agua caliente que utilizan gas como combustible con un conjunto de bombas que alimentan sendos circuitos cerrados.

Aunque el proyecto global prevé la producción de frío y calor en base a un sistema de trigeneración (producción eléctrica mediante motores de gas, producción de agua caliente y producción de agua fría), este sistema no se ha implementado de momento y se prevé su realización en fase post-Expo, cuando las demandas energéticas reales justifiquen su implementación.

Durante todo el proceso de desarrollo y construcción de esta instalación se han mantenido los criterios impuestos por la propia utilización del sistema y que a continuación enumeramos:

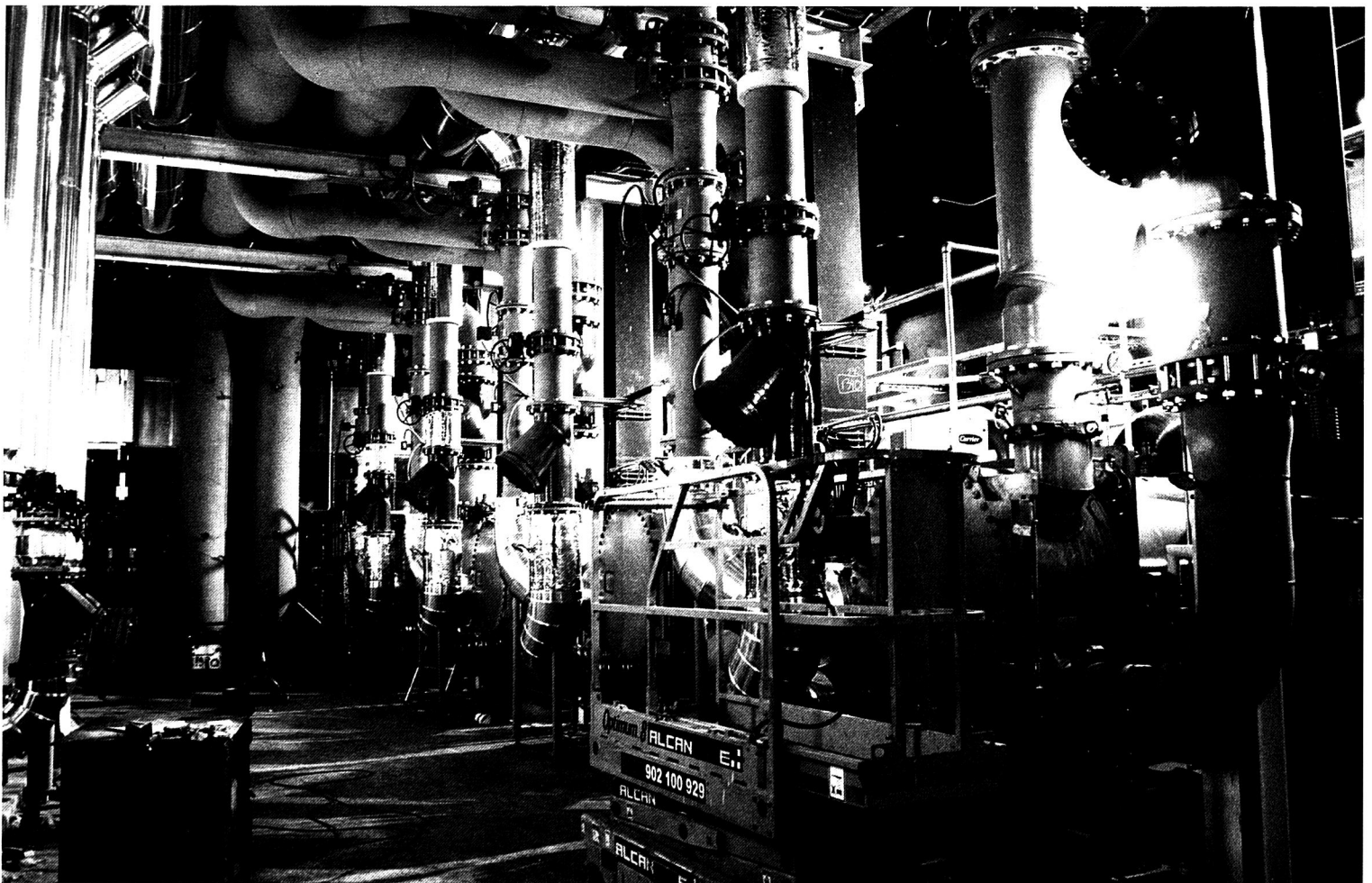
- suministro de frío y de calor durante todo el año sin discontinuidad.
- elección de equipos y materiales de calidad reconocida y probada.
- rendimientos energéticos elevados.
- explotación y mantenimiento sencillo.
- una operación sin presencia permanente, ya que sólo se prevé presencia del personal de explotación en horarios laborales.

La planta construida se dimensiona para poder disponer de las siguientes capacidades productivas:

Capacidad de producción de agua fría a 4°C mediante ciclo de compresión con cuatro compresores de 5 MW cada uno. Capacidad total de producción de frío 20.000 kW.

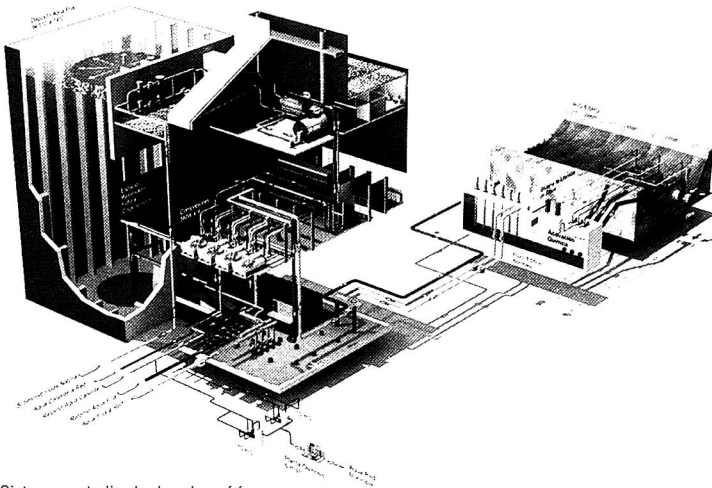
Depósito acumulación de agua fría. El sistema de generación de agua fría, se complementa con un tanque de acumulación de agua fría de 11.000 m<sup>3</sup> de capacidad que incluye un difusor estratificador de grandes dimensiones.

Capacidad de producción de agua caliente a 90°C mediante dos calderas a gas natural de 5 MW y 10 MW cada una. Capacidad total de producción de calor 15.000 kW.



Interior de la sala de máquinas.





Sistema centralizado de calor y frío

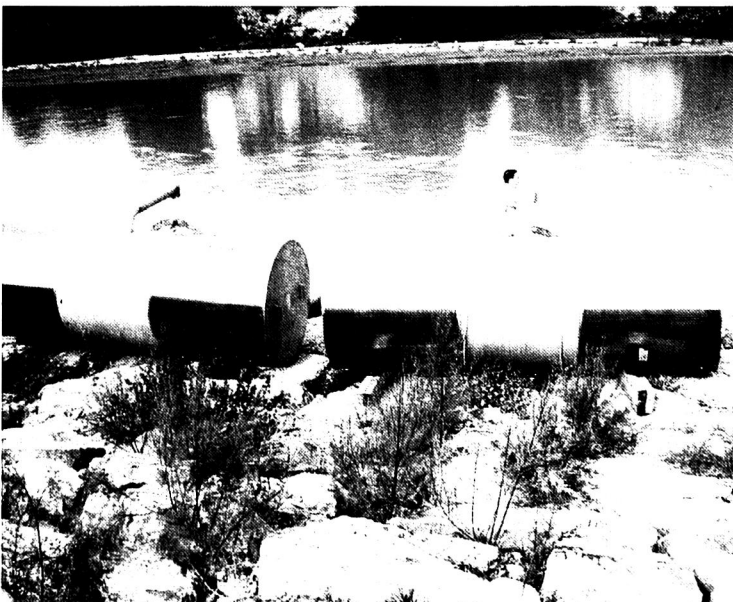
#### 5.4. Captación de Agua del Ebro

La refrigeración de las máquinas de frío se realiza con agua de río mediante un circuito abierto a un solo paso. A tal efecto se ha construido una estación de captación, filtración y bombeo de agua del río Ebro. Esta solución evita todo riesgo de contaminación por legionela, a la vez que garantiza, por su diseño, un impacto despreciable en el río.

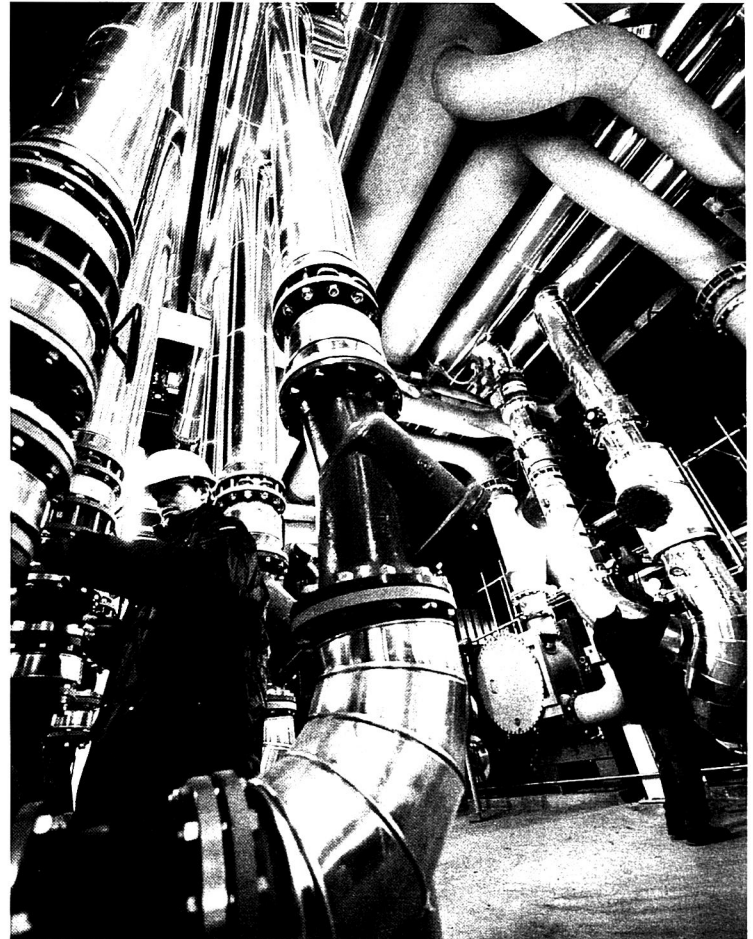
El agua bruta se obtendrá directamente del río Ebro a su paso por el Meandro Ranillas. En el río se colocarán tres filtros Quilton que tienen una malla de paso de un milímetro para eliminación de los sólidos más gruesos en la zona de captación.

Los filtros van provistos de un sistema de limpieza mediante la inyección de aire comprimido.

Desde estos filtros, a través de tres tuberías DN 800 de fundición dúctil el agua se dirige por gravedad hacia un pozo de bombeo que hay a unos 70 metros del río. Desde este pozo el agua se bombea hacia la central de energía a través de dos tuberías DN 600 de fundición dúctil.



Filtros de agua antes de su colocación definitiva en el río Ebro



Interior de la sala de máquinas

#### 5.5. Red de distribución

La distribución de las energías se realiza por redes enterradas, tanto de calor como de frío, formando circuitos cerrados (ida y retorno) entre la central y las subestaciones de los usuarios.

En el caso de Zaragoza se trata de un circuito cerrado de casi cinco km formado por dos tubos de ida y dos de retorno, que distribuyen las energías hasta los edificios y de vuelta a la central.

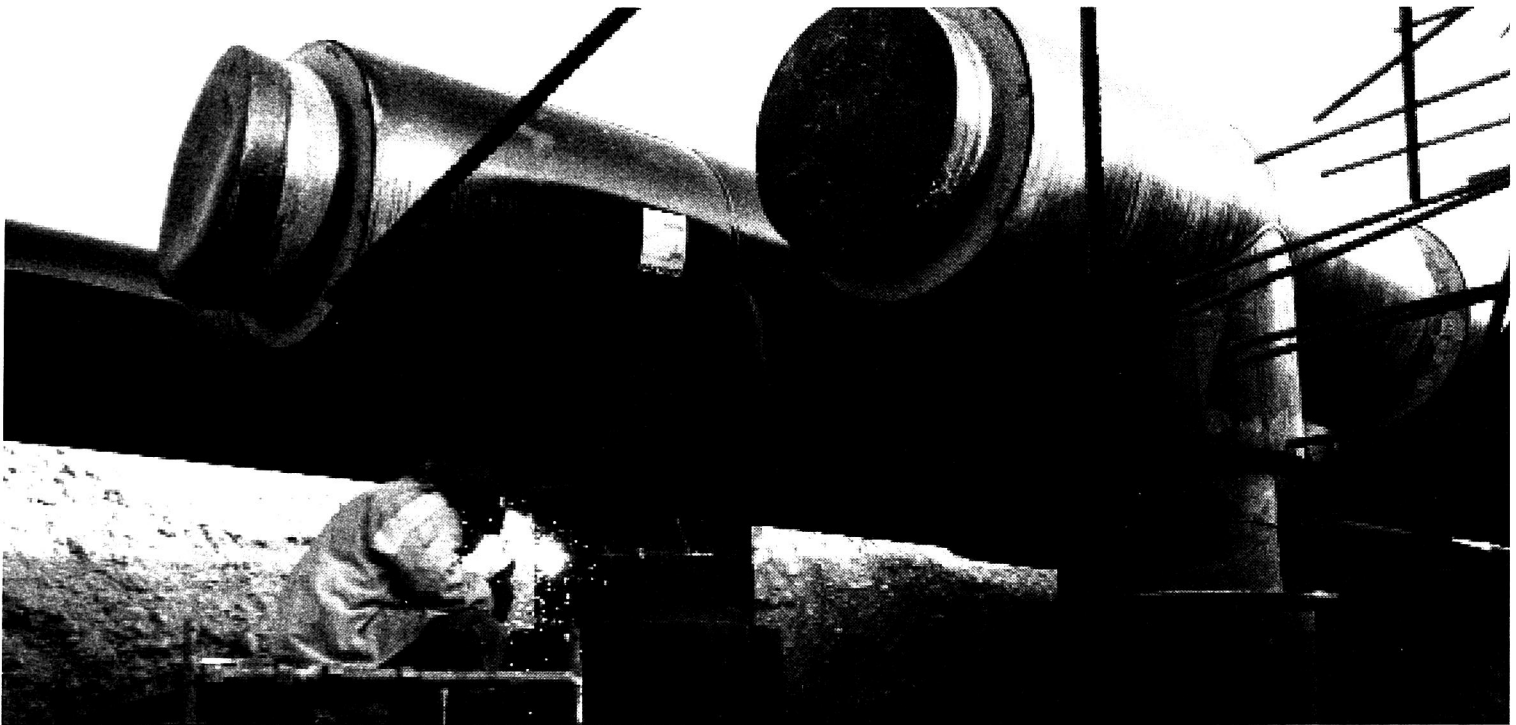
La red de distribución de agua fría y caliente es un sistema a cuatro tubos, que utiliza tubería preaislada y está dotada de un sistema de detección de fugas de gran precisión. Los saltos térmicos ( $T = 8,5^{\circ}\text{C}$  en frío y  $T = 30^{\circ}\text{C}$  en calor) se han seleccionado para que, garantizando el correcto funcionamiento del sistema, permita mover un menor caudal con la consecuente reducción de las dimensiones de la red y los costes de explotación.

En cada uno de los edificios será necesaria la instalación de unidades de intercambio (subestaciones térmicas) para el aprovechamiento de la energía suministrada a través de la red de distribución.

Las cuatro tuberías se colocarán una junto a otra, con la siguiente disposición: las tuberías exteriores serán las de impulsión de agua fría y caliente y en la parte central se colocarán las de retorno, de manera que queden una junto a otra impulsión y retorno de agua fría e impulsión y retorno de agua caliente.

El sistema permite garantizar unas temperaturas mínimas en el primario de las subestaciones a  $90^{\circ}\text{C}$  en la red de calor y de  $5,5^{\circ}$  en la red de frío.





Trabajos de soldadura

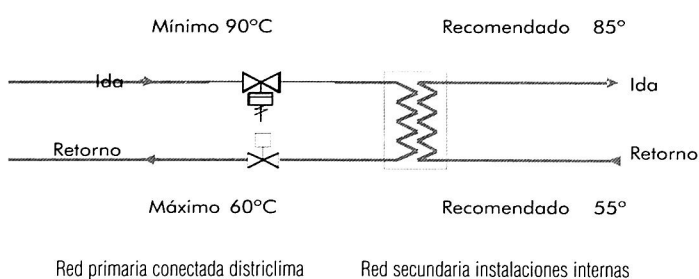
## 5.6. Subestaciones térmicas de frío y calor

En cada uno de los edificios existirá un canal de transferencia de energía formado básicamente por intercambiadores de calor de placas agua/agua, sistema de medición de energía para la facturación del servicio y sistema de regulación y control. Cada subestación está ligada al puesto de control de la central por una fibra óptica que permite su supervisión y control a distancia las 24 horas del día.

Por el primario de dicha unidad circulará el agua proveniente de la central de DHC que transferirá la energía necesaria al secundario (circuito propio del edificio) para satisfacer todas sus demandas. Las subestaciones térmicas son el punto de intercambio de energía (calor y frío) entre el sistema de distribución y el usuario final. Dentro de cada subestación térmica se incluyen los siguientes equipos:

- Intercambiadores de calor y frío
- Contador de energía
- Accesorios, valvulería de control y maniobra
- Instrumentación de campo
- Soportes
- Aislamiento

El régimen de temperaturas en las subestaciones es el siguiente:



### Calor

Las temperaturas nominales en base a las cuales se dimensionan las redes y los equipos de la central de producción son:

- Entrada primario subestaciones: 90°C
- Salida primario subestaciones: 60°C

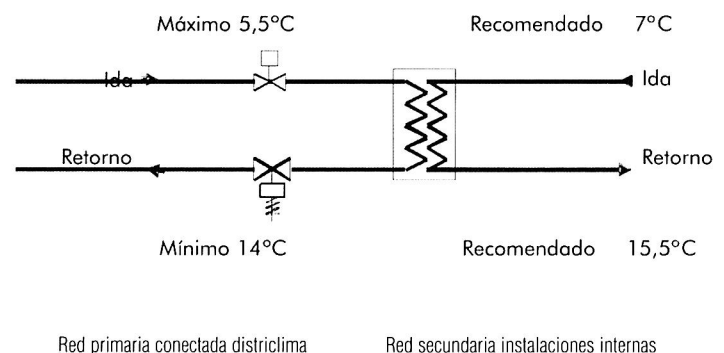
Por su parte cada usuario debe cumplir con la temperatura de retorno en el primario de 60°C como máximo.

### Frío

Las temperaturas nominales en base a las cuales se dimensionan las redes y los equipos de la central de producción son:

- Entrada primario subestaciones: 5,5°C
- Salida primario subestaciones: 14,0°C

Por su parte cada usuario debe cumplir con la temperatura de retorno en el primario de 14°C como mínimo.





## Los usuarios

Los edificios que se conectan pueden ser de muy distinta naturaleza: ayuntamientos, escuelas, hospitales, piscinas, viviendas, oficinas... Esta diversidad ofrece una ventaja añadida: las oficinas y escuelas se calientan durante el día, mientras que las viviendas se calientan sobre todo por la noche.

Algunos usuarios dan un uso profesional al calor o frío que se transporta: lavanderías, restaurantes de colectividades, hospitales...

## 6. DESARROLLO FUTURO DEL SISTEMA DISTRICT HEATING & COOLING ZARAGOZA

En el futuro, se añadirán otros equipos que permitan ampliar la potencia y se instalará una cogeneración de 6 MW que generará toda la electricidad consumida por la propia central y parte de la energía calorífica y frigorífica mediante máquinas de absorción de simple y doble efecto. Esto permitirá cubrir las necesidades del centro de negocios, el parque de ocio y las zonas comerciales y de servicios que se construirán en la zona tras su reconversión.



Tendido de las cuatro tuberías de las redes de calefacción y refrigeración

**Nieves Rodríguez Largacha.** Ingeniera por el E.T.S.I.I. de Zaragoza y realiza un Máster de Riesgos Laborales en el Instituto Químico de Sarriá (IQS) con dos especialidades: Seguridad y Ergonomía. Su carrera profesional se inicia en la Oficina Técnica de POLIGLÁS, pero se desarrolla básicamente en el mundo de la ingeniería (1988-2004), en SERELAND, ERPO y AESA. En esta última se desarrollada profesionalmente y realiza el mayor número de proyectos, todos ellos energéticos, en su mayor parte proyectos de cogeneración y trigeneración, así como proyectos de valorización energética de biomasa. En el 2006 se incorporó al equipo de ELYO IBERICA (actual COFELY, del grupo Suez) para hacerse cargo de la dirección del Proyecto de District Heating and Cooling de la Feria de Zaragoza EXPO 2008. Actualmente trabaja en Proyectos de Redes urbanas de calor y frío.